ISSN 0716-9655

GAYANA

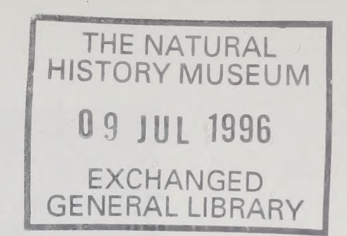
OCEANOLOGIA VOLUMEN 1 1992

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION-CHILE

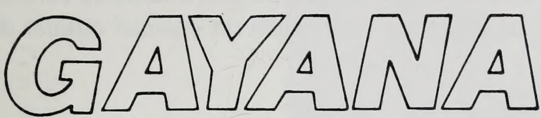


FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS
Y DE RECURSOS NATURALES
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
CHILE

DIRECTOR DE LA REVISTA:
Andrés O. Angulo
REEMPLAZANTE DEL DIRECTOR
Oscar Matthei J.
REPRESENTANTE LEGAL
Augusto Parra M.
PROPIETARIO
Universidad de Concepción
DOMICILIO LEGAL
Víctor Lamas 1290, Concepción, Chile



ISSN 0716-9655



OCEANOLOGIA **VOLUMEN 1** **1992**

CONTENIDO / CONTENTS

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION-CHILE

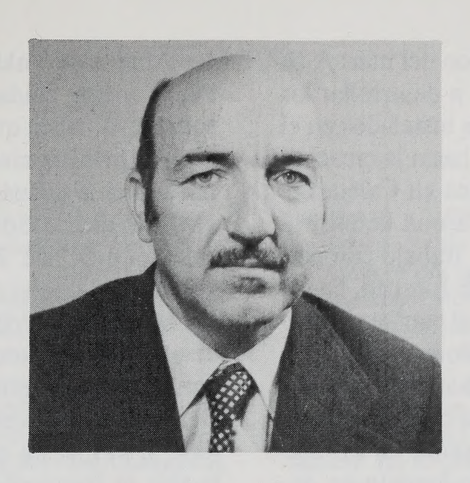
"Los infinitos seres naturales no podrán perfectamente conocerse sino luego que los sabios del país hagan un especial estudio de ellos".

CLAUDIO GAY, Hist. de Chile, 1:14 (1848)

Portada:

"L/C LUND", primera embarcación de investigación oceanográfica de la Universidad de Concepción. La "L/C LUND" fue construida bajo la Rectoría del Dr. Edgardo Enríquez F., en los Astilleros Ahrens de Valdivia. Fue botada al agua en 1972 y prestó servicios a la Universidad hasta fines de 1986. El nombre de esta embarcación hacía honor a la Universidad de Lund, Suecia, ejecutora de la Lund University Chile Expedition (LUCE), financiada en gran parte por el Consejo de Investigaciones de Ciencias Naturales de ese país, cuyas publicaciones con los resultados de la expedición (más de 50 volúmenes), han contribuido decisivamente al desarrollo de la biología marina de nuestro país. Se trataba de una embarcación de 13,7 m de eslora, 4 m de manga y 1,8 m de puntal y un desplazamiento de 16 ton. Poseía un sistema de propulsión in-board/out-board marca Schottel activado por un motor Deutz tipo B/F 10 L413, refrigerado por aire de 195 HP. (N. del E.).

ESTA REVISTA SE TERMINO DE IMPRIMIR
EN LOS TALLERES DE
EDITORA ANÍBAL PINTO, S.A.,
MAIPÚ 769, CONCEPCION-CHILE,
EN EL MES DE AGOSTO DE 1992,
LA QUE SOLO ACTUA COMO IMPRESORA
PARA EDICIONES UNIVERSIDAD DE
CONCEPCION



OBITUARIO

El 29 de octubre de 1991 falleció nuestro excolega de muchos años, Prof. Sr. Hugo Enrique Saelzer Ramis. Hugo había nacido en Chillán el 24 de enero de 1932, por lo que su partida ha sido muy extemporánea. Hizo sus estudios básicos en el Colegio Alemán de Concepción y sus estudios de enseñanza media en el Colegio Salesiano y Liceo "Enrique Molina G." de Concepción. Ingresó a la antigua Escuela de Química y Farmacia en 1953, titulándose con distinción en octubre de 1958, con la tesis "Estudio potenciométrico y cromatográfico de quelatos de Cobalto II, Cobre, Zinc con Glicina y Acido Glutámico". Ingresa en 1958 a la Universidad de Concepción como Jefe de Trabajos Prácticos, con la matrícula 1095, asciende a Profesor Auxiliar en 1967, a Profesor Adjunto en 1968 y a Profesor Titular en 1970.

En realidad, Hugo Saelzer fue uno de los fundadores locales de la Biología Marina, ocupando holgadamente un sitial a nivel nacional. Hugo Saelzer se inicia en estas lides coincidentemente con su egreso de la Escuela de Farmacia y la creación del primer Departamento de Biología Marina, en el ex Instituto de Biología General.

Hombre de carácter alegre, amistoso, simpático, Hugo fue, por sobre todas las cosas, un entusiasta del mar; uno de sus primeros mayores anhelos fue el aprender a bucear. Así fue como alrededor de 1956 pasó por un curso de buzo de escafandra en la Base Naval en Talcahuano. Logró uno de los primeros proyectos financiados externamente para la Universidad de Concepción por parte del SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) para el estudio de moluscos bivalvos. Participó con entusiasmo y entrega en las campañas oceanográficas que se iniciaban en la década del 60. Para mencionar sólo algunas, se le vio participar en la Campaña de la Centolla del SAG en Tierra del Fuego, donde se vivió un cuasi naufragio a bordo del pesquero WALTER; más tarde en 1962 en la Expedición Mar Chile II a la zona norte, a bordo del AGS YELCHO; en los innumerables cruceros a bordo de buques de la Armada, en la Bahía de Concepción, en el océano abierto frente a nuestra región, en cruceros hacia Corral, Isla Mocha; a bordo del HERO en los canales del sur, y más recientemente en la Antártica durante la realización del Programa FIBEX/BIOMASS del Instituto Antártico Chileno.

En 1960, Hugo tuvo la oportunidad de entrenarse en el Laboratorio de Biología Marina de la Universidad de Copenhagen, en Elsinore, Dinamarca, como becario UNESCO, bajo la tutela de una de las figuras mundiales de la Biología Marina, el Prof. Dr. Gunnar Thorson (Q.E.P.D.), con quien perfeccionó su interés en las etapas de desarrollo temprano de los organismos marinos, fundamentales para las actividades de maricultura, actividad de la cual Hugo fue un pionero. Muchos fueron los alumnos de Licenciatura en Biología y de Biología Marina que, en una segunda generación, heredaron de él este interés, y varios de éstos a su vez siembran a lo largo de Chile las mismas renovadas semillas hoy en día.

Hugo Saelzer fue un práctico del mar. A su regreso de Dinamarca comenzó a desarrollar los cultivos de moluscos en acuarios instalados en el sótano del Instituto de Biología hasta la creación de la Estación de Biología Marina en Caleta Leandro, Tumbes. Más tarde, y en una demostración de pre-visión y pionerismo, trabajó con pescadores artesanales de la caleta de Lirquén, en un intento tempranero de "cultivar el mar" en Chile. Su idea de organizar a los pescadores artesanales con el objeto de repoblar bancos agotados frente a sus caletas, mediante la siembra de "semilla" de cholga transportada de otros lugares, en los que por la contaminación no habrían logrado un desarrollo total, no ha sido aún totalmente explotada en Chile. Hoy en día la nueva Ley de Pesca y Acuicultura contempla, coincidentalmènte, la creación de *"Areas de manejo y explotación de recursos bentónicos, a las cuales podrán optar las organizaciones de pescadores artesanales legalmente constituidas"* (Art. 48, letra d). ¿Quién sabe si el legislador no recibió esta concepción, entre otros, a través de quienes fueron beneficiarios o alumnos de Hugo Saelzer?

La primera Estación de Biología Marina de nuestra Universidad en Caleta Leandro, Península de Tumbes, no habría sido lo que fue sin sus esfuerzos. Hugo gozaba haciendo instalaciones y haciendo funcionar cosas; así se sucedieron obras como los acuarios de esa Estación, la primera embarcación con motor fuera de borda (KALIMAN), las actividades de buceo en Caleta Leandro y posteriormente en Dichato, con apoyo de la Armada. A comienzos de 1971, cuando bajo la rectoría del Dr. Edgardo Enríquez F., se logró el financiamiento para la construcción de la embarcación científica, L/C LUND, en los astilleros Ahrens de Valdivia, fueron innumerables sus viajes a esa ciudad y las preocupaciones que sobrellevó, hasta que finalmente vio en el agua a ésta, la primera embarcación especialmente diseñada para la investigación biológico-marina de la Universidad de Concepción, y la segunda de ese carácter en Chile. Posteriormente colaboró en la gestión y el diseño de la nueva Estación de Biología Marina de Dichato, en particular del sistema de acuarios de circuito abierto de agua de mar, y contribuyó con entusiasmo en la formación de Biólogos Marinos en esa localidad, cuando prevalecía la propuesta que estos profesionales debían recibir su formación final al lado del mar y con las facilidades que otorgaba la Estación costera.

Pese a que hace algunos años, se retiró voluntaria y prematuramente de la Universidad, Hugo Saelzer ha dejado una huella indeleble en su paso por esta vida y en particular en su paso por la Universidad de Concepción. Son cientos los profesionales, Licenciados en Biología y Biólogos Marinos, distribuidos a lo largo de Chile, algunos con posiciones de poder e influencia, que mantendrán la imagen de éste su maestro, siempre sonriente y amistoso, dispuesto a ayudar, a trabajar en equipo, como lo exigen las tareas del mar y, es de esperar que sabrán elegir de entre sus enseñanzas las mejores en beneficio de sí mismos y de la Biología Marina de Chile. Sus aportes de académico e investigador a la Universidad de Concepción, a la Sociedad de Biología de Concepción, al Colegio de Biólogos Marinos y Oceanógrafos y al Comité Ciencias del Mar-Chile, no pasarán inadvertidos, con el tiempo. (En el Anexo se da una lista de sus principales contribuciones).

ANEXO

SAELZER, H. 1969. Reconocimiento a los bancos de mitílidos de la zona de Castro. Bol. Soc. Biol. Concepción, 41:135-154.

SAELZER, H., J. STUARDO y R. ROSENDE. 1969. Ataque de organismos perforantes a maderas chilenas no tratadas en la construcción de embarcaciones. IV Reunión de Investigaciones de Productos Forestales.

STUARDO, J., H. SAELZER y R. ROSENDE. 1970. Sobre el ataque de *Bankia (B.) martensi* Stempell (Mollusca), a maderas chilenas no tratadas. Bol. Soc. Biol. Concepción, 42:135-166.

BALABANOFF, L., H. SAELZER y J. BARTOLOMÉ, 1970. Estudio de un método para la determinación de indicios de cobre en agua de mar. Rev. Acad. Madrid, 621-629.

SAELZER, H. 1977. Aspectos sobre la biología de *Aulacomya ater* (Molina, 1782), Molusco, Bivalvo. IV Simposio Latinoamericano de Oceanografía Biológica, Guayaquil, Ecuador.

SAELZER, H. y C. TARBES. 1977. Las perspectivas de Lirquén como productor de mariscos, ante el desarrollo de la Octava Región. Resúmenes de Ponencias, Seminario/Taller sobre Desarrollo e Investigación de los Recursos Marinos de la Octava Región.

SAELZER, H. y R. QUINTANA. 1986. The complete larval development of the edible crab, *Cancer setosus* Molina, and observations on the prezoeal and first zoeal stages of *C. coronatus* Molina (Decapoda: Bachyura, Cancridae). J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VI, Zool. 24(4):267-303.

SAELZER, H. y A.M. HAPETTE. 1986. Desarrollo larvario de *Pinnotheres politus* (Smith, 1870) (Brachyura: Pinnotheridae) en condiciones de laboratorio. Gayana (Zool.), 50(1-4):63-79.

SAELZER, H., R. QUINTANA y F. QUIÑONES. 1986. Larval development of *Petrolisthes granulosus* (Guérin, 1835) (Decapoda: Anomura, Porcellanidae) under laboratory conditions. J. Crustacean Biology, 6(4):804-819.

MUÑOZ, C., H. SAELZER, L. CHUECAS y O. WEINERT. 1986. Letalidad aguda de mercurio orgánico e inorgánico para larvas de *Callianassa uncinata*, (Crustacea, Decapoda, Callianassidae). Ciencia y Tecnología del Mar, 10:3-19.

Prof. Dr. V.A. Gallardo
Departamento de Oceanología
y
Centro EULA-CHILE
Universidad de Concepción

Gayana Oceanol. 1: 7-16, 1992

ISSN 0716-9655

CRECIMIENTO DE *GAIMARDIA (GAIMARDIA) BAHAMONDEI* OSORIO & ARNAUD, 1984, (CYAMIIDAE) EN ISLA SANTA MARIA, GOLFO DE ARAUCO, CHILE

GROWTH OF GAIMARDIA (GAIMARDIA) BAHAMONDEI *OSORIO & ARNAUD, 1984, (CYAMIIDAE) AT SANTA MARIA ISLAND, GULF OF ARAUCO, CHILE.*

Olga L. Aracena*, M. I. Lépez* y S. Olave**

RESUMEN

Se describe la distribución de tamaño y el crecimiento de *Gaimardia (Gaimardia) bahamondei*, en base a muestreos mensuales de una población única que habita sobre la pradera de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) de isla Santa María, Golfo de Arauco, Chile. Esta población presenta distribución bimodal de tallas, con predominancia de juveniles. Tiene tres generaciones al año, con un crecimiento muy rápido y variaciones estacionales en los parámetros de Bertalanffy,, Gallucci y Quinn. Los juveniles sufren mortalidades altas cuando su eclosión coincide con generaciones dominantes de adultos.

Estos atributos poblacionales, en conjunto con otros citados previamente, como incubación de embriones, alta homogeneidad genética y grandes fluctuaciones en la abundancia, son las características más importantes de esta población.

PALABRAS CLAVES: Crecimiento, *Gaimardia bahamondei*, isla Santa María, Chile.

ABSTRACT

Size distribution and growth on a single population of *Gaimardia (Gaimardia) bahamondei* living on *Gracilaria verrucosa* (Hudson), at Santa María island (Gulf of Arauco, Chile), are described. The monthly sampled population presents bimodal size distribution with predominant juveniles. Three annual generations are distinguished with high growth rate and seasonal changes in both, Bertalanffy and Gallucci and Quinn parameters. Juveniles undergo high mortality related to dominant adult generations.

Embryonic incubation, high genetic homogeneity and strong abundance fluctuations, besides the above mentioned, are the most relevant characteristics of this population.

KEYWORDS: Growth, *Gaimardia bahamondei*, isla Santa María, Chile.

*Departamento de Oceanología, Facultad de Ciencias Biológicas y de Recursos Naturales, Universidad de Concepción.
**Instituto de Fomento Pesquero, Laboratorio de Putemún, Castro.

INTRODUCCION

Gaimardia (Gaimardia) bahamondei Osorio y Arnaud, 1984, es un bivalvo perteneciente a la familia Cyamiidae y al único género de la subfamilia Gaimardiinae, característico del océano Austral (Arnaud, 1974). El género *Gaimardia* posee registros desde el Mioceno hasta el Reciente en Nueva Zelandia, Patagonia e islas subantárticas (Ponder, 1971 y Morton, 1979). El género comprende muchas especies con distribución limitada y su taxonomía es confusa (Morton, 1979).

Todos los representantes del género son de pequeño tamaño, forma simple, productores de biso, mediante el cual viven comúnmente adheridos a macroalgas e incuban sus huevos en cámaras branquiales (Morton, 1979; Osorio y Arnaud, 1984).

La población de *G. bahamondei* se encuentra en el límite septentrional de la distribución de la subfamilia, lejos de sus congéneres. Es una población única sobre la pradera de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) ("pelillo") en isla Santa María.

Los pescadores locales detectaron la aparición de este bivalvo en la pradera de *Gracilaria* de isla Santa María, al inicio de la década del '70, cuando esta alga comenzó a tener importancia económica, y desde 1979 este bivalvo ha constituido una verdadera plaga debido a su extraordinaria abundancia, que alcanza entre el 20 y el 52,3% de la biomasa total cosechada en algunos períodos del año (Osorio y Arnaud, 1984).

Considerando la distribución austral del género y su característica de incubador, *Gaimardia bahamondei* debería constituir una población estable. Sin embargo, como ya se dijo en el párrafo anterior, esto no ocurre. Una probable explicación es que esta población marginal posea características peculiares en algunos de sus atributos poblacionales, como una alta fecundidad o una elevada tasa de crecimiento, o ambas a la vez.

La literatura sólo contiene estimaciones sobre el lento crecimiento de especies afines, tales como *Kidderia bicolor* (Martens), (Ralph y Everson, 1972) y *G. trapesina*, ambas de la Isla Georgia del Sur, (Everson, 1977). La fecundidad expresada como número de embriones por hembra es muy variable, de 20 embriones en *G. finlayi* a 8075 en *G. Trapesina* (Cox y Newell 1972; Morton, 1979 y Osorio y Lagos, 1983). Según estos últimos autores, el número de embriones en *G. bahamondei* fluctúa entre 26 y 949.

Otros antecedentes existentes sobre la biología de esta población se refieren a aspectos fisiológicos (Benavides y Cancino, 1988) y al efecto del bivalvo sobre el crecimiento y la calidad del agar extraído del pelillo sobre el cual viven (Cancino *et. al.*, 1987).

Con el objeto de explicar el éxito poblacional de *G. bahamondei* de isla Santa María, se entrega información sobre su estructura de tallas y las variaciones del crecimiento, comparándola con antecedentes existentes para especies afines.

MATERIALES Y METODOS

El material biológico utilizado se obtuvo en dos praderas diferentes del alga *G. verrucosa*, una artificial y otra natural, ubicadas frente a Puerto Sur, rada Santa María, en isla Santa María (37° 05' Lat. S; 73° 30' Long. W) (Fig. 1).).

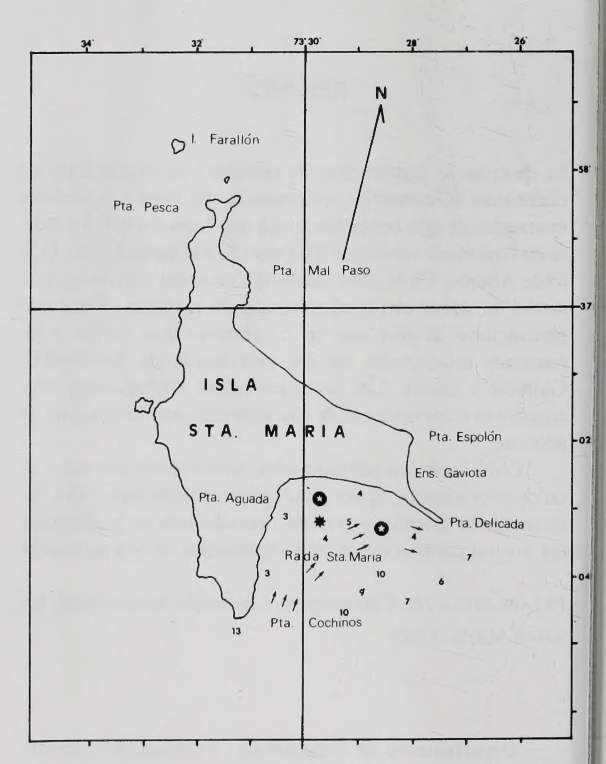


FIGURA 1. Ubicación de las zonas de muestreo y dirección de las corrientes predominantes. O:pradera natural de *G. verrucosa*; *:plantación y ——›: corrientes. Isla Santa María, Golfo de Arauco, Chile.

Entre marzo y octubre de 1984 se extrajeron 3 muestras mensuales de 1/4 m^2 en cada pradera, en tanto que entre noviembre de 1984 y julio de 1985 se extrajeron 12 muestras mensuales de 1/16 m^2 por pradera. Con el objeto de tener datos abióticos (temperatura, oxígeno y salinidad), un buzo obtuvo muestras de agua utilizando una botella van Dorn, entre los meses de enero y julio de 1985, tanto en superficie como a un metro del fondo.

En el laboratorio el oxígeno se determinó por el método de Winkler modificado según Carrit y Carpenter (1966) y la salinidad, por el método de conductividad en un salinómetro de inducción Beckman Mod. RS-7C. Las muestras biológicas fueron procesadas de acuerdo a la siguiente metodología: 1) Separación y pesaje de bivalvos y algas en una balanza con precisión de 0.1 g; 2) Obtención de submuestra cuantitativa de bivalvos para conocer la estructura de tallas de la población; 3) Contaje y medición individual de los bivalvos, bajo una lupa estereoscópica, con ocular micrométrico. La talla individual se definió como la longitud anteroposterior de las valvas (Fig. 2).

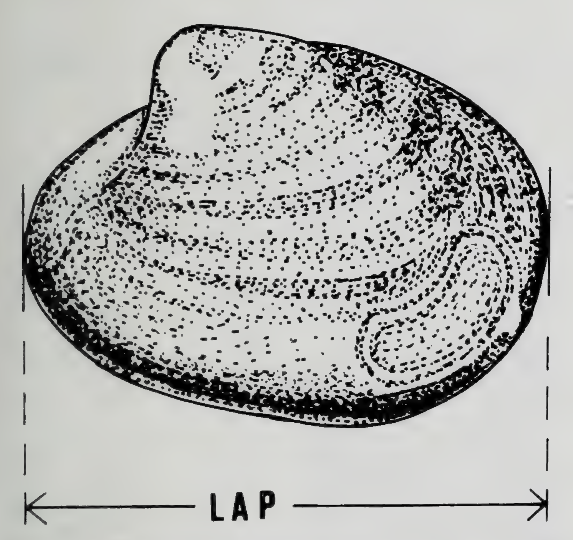


FIGURA 2. Ejemplar de *Gaimardia bahamondei*, que indica la dimensión corporal medida: largo antero-posterior (LAP).

Para el estudio demográfico se realizaron histogramas mensuales de frecuencia de tallas, sobre los cuales se identificaron las modas mediante el método de Cassie (1954). La velocidad de crecimiento modal se estimó por el método de Petersen. Los parámetros de crecimiento L_∞, K y t_0 de la ecuación de von Bertalanffy y el parámetro W (= L_∞ *K) de Gallucci y Quinn (1979), que representa la velocidad de crecimiento en las primeras etapas del ciclo de vida de los organismos, se determinaron mediante el método de Ford-Walford (Larrañeta *et al.,* 1982). Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974), se contrastaron las hipótesis sobre igualdad de estructura de tallas entre la pradera natural y la plantación.

RESULTADOS

CONDICIONES ABIÓTICAS DE RADA SANTA MARÍA:

En la tabla I se observan los datos de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno, en superficie y profundidad para la rada Santa María. Las temperaturas más altas observadas en el verano alcanzaron a 18° C y las más bajas del invierno, a 12,5° C. Los valores de la salinidad oscilaron entre 32.24 y 34.36‰, no existiendo di-

TABLA I. Datos de salinidad, temperatura y oxígeno de la columna de agua, sobre la pradera de *G. verrucosa*, isla Santa María, Golfo de Arauco, Chile, 1985. S= Superficie; F = fondo; * = agua muy turbia.

	SALINIDAD		TEMPERATURA		OXIGENO	
	S	F	S	F	S	F
ENERO	34.36		16.0			
MARZO	34.25	34.16	18.0	18.0	5.51	5.29
ABRIL	*	*	14.0	13.0	5.88	5.68
JUNIO	32.24	32.91	12.5	12.5	6.25	6.12
JULIO	33.88	34.29	13.0	13.0	7.33	5.90

ferencias notorias entre superficie y profundidad. El oxígeno se presentó siempre en condiciones de sobresaturación.

ESTRUCTURA POBLACIONAL:

Según la prueba de Kolmogorov-Smirnov existen diferencias significativas (P = 0.95), en la estructura de tallas de *G. bahamondei*, entre la pradera natural y la plantación en los meses de septiembre a diciembre de 1984 y en marzo, abril y julio de 1985, por lo tanto los resultados se presentan en forma separada (Fig. 3). Llama la atención la estructura bimodal en algunos meses y, además, la acentuada predominancia de los juveniles en invierno, en ambos sectores. Los ejemplares son de pequeño tamaño, siendo la talla promedio en la pradera de 1.66 mm, con 1.41 y 0.01 de desviación y error típico de la media y en la plantación de 1.19, con 0.90 y 0.006 de desviación y error típico de la media, respectivamente.

CRECIMIENTO:

El desplazamiento modal en ambas zonas de muestreo (Fig. 3), permite calcular un crecimiento rápido, de 2 mm mensuales, entre agosto y octubre. El crecimiento se detiene en los meses de noviembre y diciembre. La generación desaparece después prematuramente en la pradera artificial. Las Figs. 4 y 5 corresponden a las curvas de crecimiento de *Gaimardia*, en ambas zonas de muestreo, de acuerdo a los promedios y a las desviaciones típicas de las modas de la Tabla II.

TABLA II. Promedios y desviaciones típicas de modas de tallas de *G. bahamondei* en pradera natural y plantación de *Gracilaria*. Isla Santa María, Golfo de Arauco, Chile, 1984-1985.

	PRADERA NATURAL		PLANTACION	
	Promedio	Desv. típica	Promedio	Desv. típica
MARZO	1.17	0.50		
	5.55	0.42		
JULIO	0.90	0.06	0.90	0.06
	3.20	1.06	3.20	1.20
AGOSTO	0.90	0.04	0.90	0.06
	2.90	0.45	2.75	0.78
	6.09	1.07		
SEPTIEMBRE	0.80	0.30	0.80	0.30
	2.90	0.43	2.75	0.63
OCTUBRE	0.85	0.30	0.90	0.85
	4.00	0.60	4.40	0.56
NOVIEMBRE	0.50	0.40	0.91	0.18
	4.40	0.70	4.20	0.80
DICIEMBRE	0.60	0.55	0.98	0.28
	4.65	0.68		
ENERO	0.95	0.25	1.00	0.25
	3.30	0.70	3.45	0.88
FEBRERO	1.10	0.48	0.96	0.22
	5.10	1.05	5.10	0.85
MARZO	0.65	0.35	0.90	0.28
	2.80	0.30	2.85	0.30
	4.90	1.33	4.85	0.58
ABRIL	0.50	0.15	0.60	0.35
	3.00	0.95	2.60	0.70
JUNIO	0.50	0.15	0.50	0.15
	1.70	0.93	1.60	0.15
JULIO	0.50	0.15	0.50	0.15
	1.50	0.60	1.30	0.65

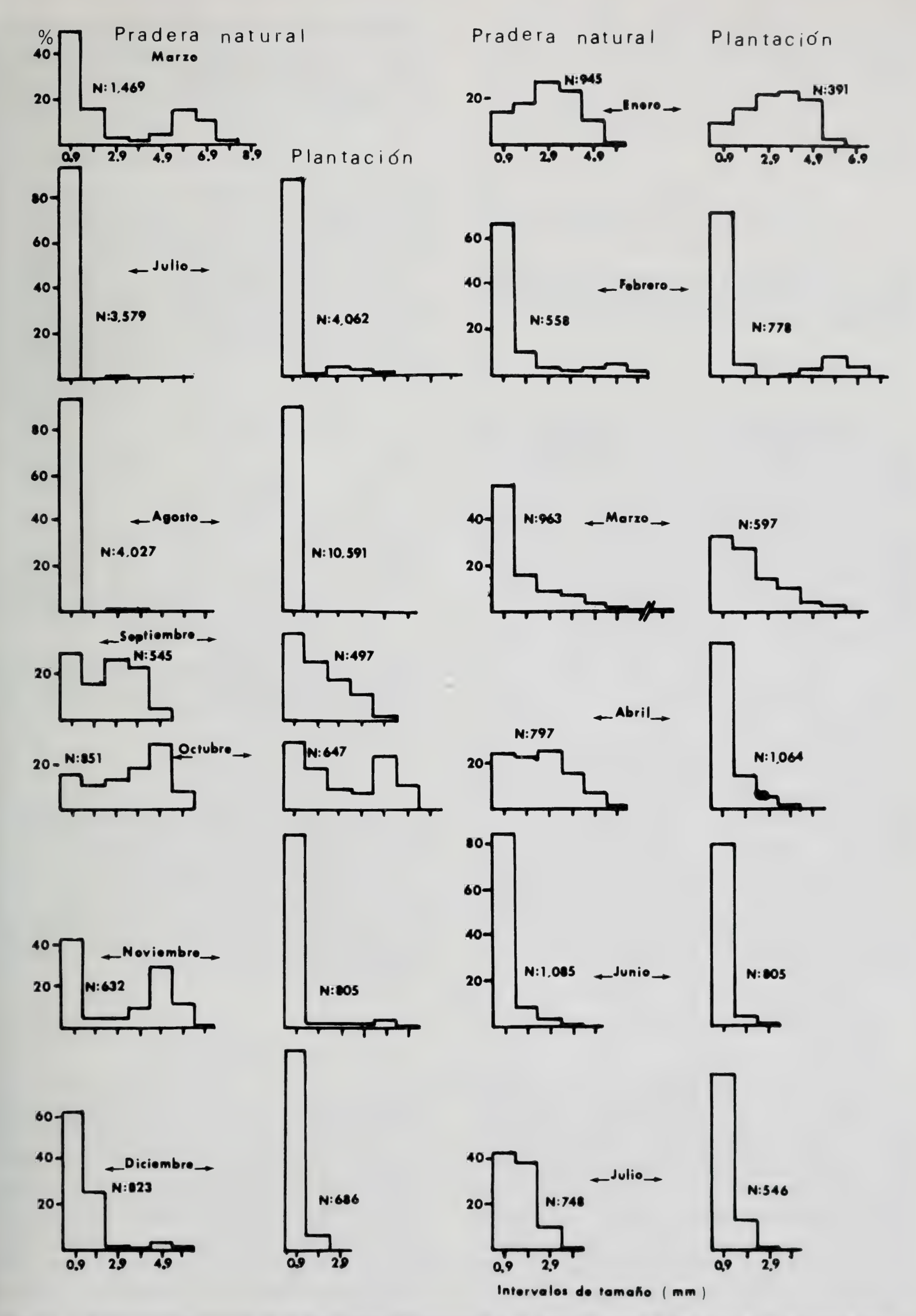


FIGURA 3. Estructura poblacional de *G. bahamondei* proveniente de la pradera natural y de la zona de plantación de isla Santa María, Golfo de Arauco, Chile. Marzo de 1984 a julio de 1985.

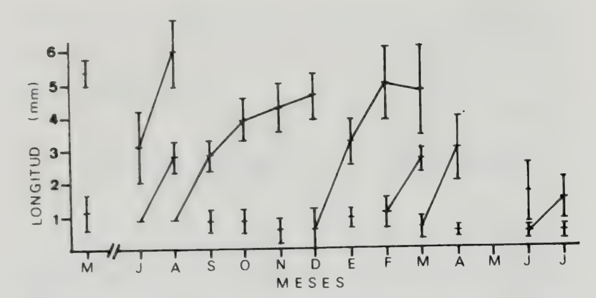


FIGURA 4. Generaciones y curvas de crecimiento de *G. bahamondei* en la pradera natural de *G. verrucosa*. Isla Santa María, Golfo de Arauco, Chile, 1984-1985.

En la pradera natural se observaron dos generaciones dominantes, una que comienza en agosto y persiste hasta diciembre de 1984, con incrementos mensuales de 2, 1.1, 0.4 y 0.25 mm, respectivamente, entre septiembre y diciembre (Fig. 4). El incremento promedio para todo este período es de 0.94 mm/mes y los parámetros de crecimiento para esta generación fueron los siguientes:

$L_\infty = 7.0$; $K = 0.203$; $t_0 = 0.538$ y $W = 1.42$

La segunda generación presenta incrementos mensuales de 2.7 y 1.8 mm, en enero y febrero, con un promedio para el período de 2.25 mm mensuales. Debido a la baja en el promedio de crecimiento en marzo, posiblemente causada por una gran mortalidad de adultos, este mes no se consideró. Los parámetros de crecimiento para esta generación fueron los siguientes:

$L_\infty = 5.40$; $K = 0.967$; $t_0 = 0.590$ y $W = 5.24$

El crecimiento promedio de los juveniles en la pradera natural durante el primer mes de vida (julio y agosto, 1984) fue de 2 mm mensuales. Los juveniles de diciembre, febrero y marzo crecieron 2.98 mm mensuales, y entre junio y julio de 1985 el incremento fue de sólo 1 mm mensual. Se aprecia, por tanto, también en los juveniles una diferencia estacional en las tasas de crecimiento. Entre julio y agosto se observa una tercera generación cuyo origen estaría en mayo o julio precedentes. Resumiendo, se estima que en la población de *G. bahamondei* de isla Santa María pueden originarse tres generaciones anuales que no se superponen, mientras que el resto de los reclutas desaparece al cabo de uno o dos meses de vida.

En la zona de plantación el crecimiento es semejante al de la pradera natural (Fig. 5). Los incrementos mensuales de la generación que comienza en agosto son de 1.85 mm y 1.65 mm en el primer y segundo mes, con un promedio de 1.75 mm mensuales. La generación de diciembre presenta incrementos de 2.47 y 1.65 mm en el primer y segundo mes, con un promedio de 2.06 mm.

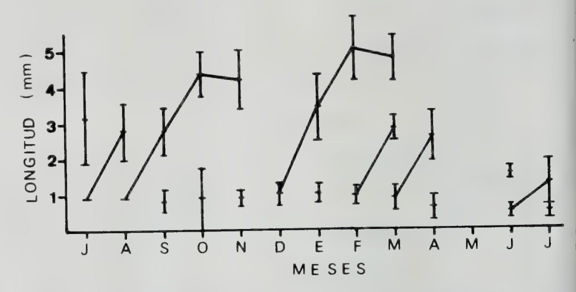


FIGURA 5. Generaciones y curvas de crecimiento de *G. bahamondei* en la plantación de *G. verrucosa*. Isla Santa María, Golfo de Arauco, Chile, 1984-1985.

La variación estacional del incremento de talla, considerando sólo el primer mes de vida fue la siguiente: los juveniles de julio y agosto crecieron en promedio 1.85 mm; en diciembre, febrero y marzo el promedio fue de 2.08 mm y en julio siguiente fue de 0.8 mm. En este caso, no se evidencia una tercera generación.

DISCUSION

Es interesante comparar los atributos poblacionales de *G. bahamondei* de isla Santa María con los de otros taxa afines con el objeto de identificar posibles tendencias adaptativas. Se encuentra en el límite septentrional de la distribución geográfica de la familia Cyamiidae, que al igual que otras de distribución austral, antártica o subantártica se caracteriza, entre otros aspectos, porque sus componentes son de pequeño tamaño. De las especies de la Tabla III, aquéllas del género

Gaimardia presentan el mayor tamaño promedio relativo de los adultos, ya que alcanzan hasta los 32 mm de longitud antero-posterior de las valvas, en cambio las especies del género *Kidderia* presentan tamaños entre 3 y 4.5 mm.

Según Arnaud (1974), el 61% de las especies de pelecípodos antárticos miden menos de 10 mm en su dimensión mayor. El mismo autor resume variadas hipótesis que intentan explicar la pequeña talla y la fragilidad de los esqueletos de los

TABLA III. Comparación de algunas características poblacionales entre los géneros *Gaimardia* y *Kidderia.*

ESPECIE	TAMAÑO ADULTO (mm)	CRECIMIENTO mm/mes
G. trapesina Ralph y Maxwell in Everson, 1977 (Georgia del Sur)	Máximo = 28	0.58
G. trapesina Blankley, 1981 (I. Marion)	Rango = 15 - 30 $\bar{x}$ = 22.9 ± 1.9	Muy rápido
G. trapesina Simpson, 1977 (I. Macquarie) y Cox y Newell, 1972 (Estrecho de Magallanes)	Rango = 10 - 32	
G. trapesina Osorio y Lagos, 1983 (55° 49'S; 66° 48'W)	Rango = 15 - 23	
G. (N) finlayi Morton, 1979 (Nueva Zelandia) y Cox y Newell, 1972 (Estrecho de Magallanes)	Rango = 3 - 5	
G. bahamondei Osorio y Lagos, 1983 (I. Santa María)	Rango = 4 - 8	
G. bahamondei 1984 - 1985 (I. Santa María)	Rango = 4.5 - 10.4 $\bar{x}$ = 5.46 s = 0.74	Ver = 2.15 Inv = 1.33
K. subquadratum Stockton, 1973, Stout y Shabica, 1978 (Estación Palmer)	Máximo = 3	
Kidderia bicolor Ralph y Everson, 1972 (Georgia del Sur)	$\bar{x}$ = 4.62 s = 0.63	0.8
Kidderia bicolor Simpson, 1977 (I. Macquarie)	$\bar{x}$ = 4.5	

organismos antárticos tales como los moluscos. La más aceptada, según Arnaud (1974), dice relación con la dificultad en la precipitación del carbonato de calcio, a partir del sulfato de calcio del agua de mar, cuando la temperatura del agua es muy baja. De acuerdo a esta hipótesis, las especies de la familia Cyamiidae que habitan al norte de la Antártica deberían tender a presentar tamaños mayores. En la Tabla III, se observa que para *Kidderia*, esto se cumple puesto que *K. subquadratum* de la Península Antártica presenta un tamaño promedio menor que *K. bicolor* de las islas subantárticas. En el género *Gaimardia*, las especies del norte de su área de distribución como *G. finlayi* y *G. bahamondei*, son de tamaño promedio más pequeño que *G. trapesina*, de la isla Georgia del Sur. Sin embargo, un ambiente más favorable para estos organismos, no se traduce necesariamente en un mayor tamaño de los adultos, sino que puede reflejarse en otros aspectos de la producción secundaria de las poblaciones, como crecimiento rápido o progenie abundante (Calow, 1981). Otros autores (White, 1984 y Clarke, 1980), restan toda importancia al fenómeno de enanismo en algunas especies de la Antártica.

Si bien la estructura de tallas de *G. bahamondei* de isla Santa María es bimodal con predominancia de juveniles, se observa hasta un 100% de mortalidad entre éstos, en los meses en que se superponen algunas de las 3 generaciones importantes (septiembre a noviembre y enero a abril), lo cual podría indicar una interacción intrapoblacional deletérea. Cancino *et al.* (1985) calculan para esta misma población mortalidades mensuales entre 80 y 90% para juveniles menores que 2.5 mm. Para las otras especies de la Tabla III no existen antecedentes.

El crecimiento de *G. bahamondei* es mayor comparado con *G. trapesina* y *K. bicolor* de la isla Georgia del Sur (Tabla III). Esta mayor velocidad de crecimiento se ha interpretado como un efecto de la mayor disponibilidad de alimento debido a la mayor temperatura de las aguas locales, lo que ha sido descrito (por Green, 1973, y Dauvin, 1986) para los bivalvos *Macoma balthica y Abra alba*, respectivamente. La alta productividad de la región y la mayor duración del período productivo proveerían a la población de *G. bahamondei* de isla Santa María de una entrada de energía mayor que la disponible para las especies más australes.

Para *G. trapesina* de isla Marion no hay antecedentes, pero se sugiere un crecimiento muy rápido, ya que se encuentra agrupada por clases de edad en frondas de *Macrocystis pyrifera*, especie que a su vez presenta un muy rápido crecimiento, seguido de la erosión de sus frondas (W. O. Blankley, comunicación personal, 1986).

Las diferencias en la velocidad de crecimiento observadas entre invierno y verano, en *Gaimardia* de isla Santa María, pueden atribuirse a que esta especie, al igual que *G. trapesina* de la isla Georgia del Sur (Ralph y Maxwell, 1977), no presenta independencia metabólica de la temperatura, es decir, responde a las fluctuaciones estacionales de la temperatura del mar en esta región (Tabla I).

De acuerdo a estos antecedentes, *G. bahamondei* posee características biológicas propias de especies de distribución austral, tales como tamaño pequeño y desarrollo directo. Debido a su distribución geográfica restringida, presenta gran homogeneidad genética. Según Galleguillos y Troncoso (1987), de 18 loci estudiados sólo uno (Fosfoglucosa Isomerasa) resultó polimórfico.

Por otra parte, la población presenta grandes fluctuaciones en su abundancia, alta mortalidad de juveniles cuando las eclosiones coinciden con generaciones dominantes y una alta tasa de crecimiento, todos atributos poblacionales propios de plagas.

CONCLUSIONES

1. *Gaimardia (Gaimardia) bahamondei* está representada por una población única, con ejemplares de pequeño tamaño, estructura etaria bimodal y predominio de juveniles.
2. Se postula la existencia de tres generaciones de *G. bahamondei*: una generación de primavera (agosto-diciembre), una de verano (diciembre-marzo) y probablemente una tercera de invierno, cada una de 3-4 meses de duración.
3. El crecimiento de *G. bahamondei* es mucho mayor que lo reportado para otras especies de la misma familia y del mismo género. Además presenta variaciones estacionales con los siguientes parámetros:

	GENERACION DE PRIMAVERA	GENERACION DE VERANO
Incremento/mes promedio	= 0.94 mm	2.25mm
L_∞	= 7.0	5.4
K	= 0.203	0.967
t_0	= 0.538	0.59
W	= 1.42	5.24

4. Presenta mortalidad de juveniles cuando su eclosión coincide con generaciones dominantes, indicando posible interacción intrapoblacional negativa.
5. Los atributos ya señalados, más otros reportados anteriormente como incubación de embriones, alta homogeneidad genética y fluctuaciones severas en su abundancia, constituyen las características más relevantes de esta población.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción del Gobierno de Chile, el financiamiento de la investigación que originó la presente publicación. Recibimos, además, la valiosa colaboración del Sr. J. Cid, buzo científico; de los biólogos P.A. Vergara, J. Valencia y A.M. Hapette y de la secretaria, Srta. M. Vásquez. En la revisión del manuscrito debemos agradecer al Dr. T. Brey del Alfred Wegener - Institut für Polar - und Meeresforschung de Bremerhaven, Alemania, al Dr. Patrick Arnaud de la Station Marine d'Endoume, Marsella, Francia, y a dos revisores anónimos.

BIBLIOGRAFIA

ARNAUD P. M. (1974). Contribution a la bionomie marine benthique des régions Antarctiques et Subantarctiques. Téthys 6(3): 465-656.

BENAVIDES G. y J. M. CANCINO. (1988) Características fisiológicas del bivalvo incubador *Gaimardia bahamondei* Osorio y Arnaud, 1984. Medio Ambiente 9(2): 13-20.

BLANKLEY W. O. (1981). Marine food of kelp gulls, lesser sheathbills and imperial cormorants at Marion Island (Subantarctic). Cormorant 9: 77-85.

CALOW P. (1981). Resources utilization and reproduction. In: Physiological ecology: an evolutionary approach to resource use. Editores: C. R. Townsend & P. Calow. Blackwell Scientific Publications: 393 págs.

CANCINO J. M.; P. SÁNCHEZ; R. GALLEGUILLOS y R. BECERRA. (1985). Biología de algunas especies comunes de la epifauna sésil de algas marinas chilenas de importancia comercial. Informe de Avance. Proyecto DIUC 75/85. Mimeografiado. Pontificia Universidad Católica de Chile.

CANCINO J. M.; M. MUÑOZ y C. ORELLANA. (1987). Effects of epifaunal on algal growth and quality of the agar produced by *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfus. Hydrobiol. 151/152: 233-237.

CARRIT D. E. & J. H. CARPENTER. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of the methods for determining dissolved oxygen in sea water: A NASCO Report. J. Mar. Rev. 24: 286-318.

CASSIE R. M. (1954). Some uses in probability paper in the analysis of size frecuency distributions. Australian Mar. Fresh W. Res. 5: 513-522.

CLARKE A. (1980). A reappraisal of the concept of metabolic cold adaptation in polar marine invertebrates. Biol. J. Linnean Soc. 14 (1): 77-92.

COX L. R. & L. V. NEWELL (1972). Systematic descriptions. In: Treatise on invertebrate Paleontology. Part N. Mollusca 6, Bivalvia I: N 225 - N 489. Moore R. C. Eds. Kansas: The Geological Society of America and University of Kansas Press.

DAUVIN J. C. (1986). Biological, dynamique et production d'une populations d' *Abra alba* (Wood) (Mollusque - Bivalve) de la baie de Morlaix (Manche Occidentale) S. Exp. Mar. Biol. Ecol. 97: 151-180.

EVERSON I. (1977). Antarctic marine secondary production and the fenomenon of cold adaptation. Phil. Trans. Royal Soc., London. 279: 55-66.

GALLEGUILLOS R. y L. TRONCOSO. (1987). Variación proteica en *Gaimardia bahamondei* (Osorio y Arnaud 1984). Informe final, Proyecto DIUC 75/85. Mimeografiado. Pontificia Universidad Católica de Chile.

GALLUCCI V. & QUINN T. T. (1979). Reparametrizing fitting and testing a simple growth model. Am. Fish. Soc. (108): 14-25.

GREEN R.H. (1973). Growth and mortality in an arctic intertidal population of *Macoma balthica* (Pelecypoda, Tellinidae) J. Fish. Res. Board. Can. 30: 1345-1348.

LARRAÑETA M.; J. A. PEREIRO; R. GUIÑEZ y A. ARRIZAGA. (1982). Apuntes de Biología Pesquera. Curso de Postgrado. Mimeografiado. Pontificia Universidad Católica de Chile - Sede Talcahuano. 256 págs.

MORTON B. (1979). The biology, functional morphology and taxonomic status of *Gaimardia (Neogaimardia) finlayi* (Bivalvia: Gaimardiinae). J. Zool. London 188: 123-142.

OSORIO R. C. & P. M. ARNAUD. (1984). *Gaimardia bahamondei* sp. nov. from central Chile (Mollusca: Bivalvia: Cyamiidae: Gaimardiinae). The Veliger 26 (4): 311-315.

OSORIO R. C. y M. E. LAGOS (1983). Ovoviviparía en Gaimardiinae (Mollusca, Bivalvia) de Chile. Resumen N° 154 de las Comunicaciones Científicas. IX Congreso Latinoamericano de Zoología. Perú: 69.

PONDER W.F. (1971) Some New Zealand and Subantarctic bivalves of the Cyamiacea and Leptonacea with descriptions of new taxa. Record of the Dominiom Museum 7 (13): 119-141.

RALPH R. & I. EVERSON. (1972). Some observations on the growth of *Kidderia bicolor* (Martens) (Mollusca: Lamellibranchiata) at South Georgia. Brit. Ant. Surv. Bull. 31: 51-54.

RALPH R. & G. H. MAXWELL. (1977). The oxygen consumption of the antarctic lamellibranch *Gaimardia trapesina trapesina* in relation to cold adaptation in polar invertebrates. Brit. Ant. Surv., Bull. 45: 41-46.

SIMPSON W. L. (1977). The reproduction of some littoral molluscs from Macquarie Island (Sub-Antarctic). Mar. Biol. 44: 125-142.

STOCKTON W. L. (1973). An intertidal assemblage at Palmer Station. Antarctic J.U.S. 8 (5): 305-307.

STOUT W. E. & S. V. SHABICA (1970). Marine ecological studies at Palmer Station and vicinity. Ant. J. U. S. 5 (4): 134-135.

WHITE M.G. (1984). Marine benthos. In: Antarctic Ecology. Volume 2. R.M. Laws (Ed.) Academic press. 850 págs. + 2 XXVII.

ZAR J. H. (1974). Biostatistical analysis. Eds. W. D. Elroyand & C. P. Swanson. Prentice Hall Biological Science Series. Prentice Hall Inc.: 620 págs.

DISTRIBUTIONAL PROPERTIES OF THE RECURRENCE INTERVALS OF THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION EVENTS

PROPIEDADES DISTRIBUCIONALES DE LOS INTERVALOS DE RECURRENCIA DE LOS EVENTOS EL NIÑO/OSCILACION DEL SUR

Luis Cid S.*, David B. Enfield** & Urcesino González R.*

ABSTRACT

The series of time intervals between occurrences of El Niño/Southern Oscillation events over the last 500 years as proposed by Quinn, Neal and Antunez (1987 - QNA) contains important information regarding the stationarity of the process of occurrence of the phenomenon during the last centuries. To test the stationarity we verify some distributional properties of the series and its association with indices such as solar activity. Goodness of fit tests based on the Chi-squared distribution are not adequate for the kind of data available and a different technique, based on bootstrap resampling method, provides a methodology that can be used in other cases similar to this. We propose that when solar activity is high the phenomenon tends to occur less frequently that when the activity is low. We discuss also a possible association with the quasibiennial oscillation.

KEYWORDS: El Niño, Southern Oscillation, Bootstrap, Quasibiennial Oscillation.

RESUMEN

La serie de tiempo correspondiente a los intervalos entre ocurrencias de eventos El Niño/Oscilación del Sur durante los últimos 500 años, tal como fuera propuesta por Quinn, Neal y Antúnez (1987 - QNA), contiene importante información sobre la estacionariedad de la ocurrencia del fenómeno durante los últimos siglos. Para probar la estacionariedad, verificamos algunas propiedades distribucionales de la serie y su asociación con índices como los de actividad solar. Las pruebas de bondad de ajuste basadas en distribución Chi-Cuadrado no son adecuadas para el tipo de datos disponibles y una técnica diferente, basada en el método de remuestreo bootstrap, proporciona una metodología que también puede ser utilizada en otros casos similares a éste. Proponemos que cuando la actividad solar es alta, el fenómeno tiende a ocurrir menos frecuentemente que cuando la actividad es baja. Discutimos además una posible asociación con oscilación cuasi bienal.

PALABRAS CLAVES: El Niño, Oscilación del Sur, Boostrap, Oscilación cuasi bienal.

* Dept. of Mathematics, University of Concepcion, Chile.
** NOAA/AOML 4301 Rickenbacker Causeway, Miami, FL 33149, USA

INTRODUCTION

Coupled ocean-atmosphere models, such as that of Zebiak and Cane (1987), indicate that El Niño/Southern Oscillation (ENSO) may be an

internal mode of the coupled Pacific Ocean/atmosphere system, and that ENSO behavior may be sensitive to "climatic" background parameters, particularly as regards its recurrence rate. Enfield (1988) examined the El Niño chronology of Quinn, *et al.* (1987 - QNA) to see if such changes in recurrence rate have occurred over the last five centuries of changing climate. While there are qualitative indications that changes in the recurrence rate occur in century-scale cycles, there is no apparent long-term change in the return interval of El Niño from the Little Ice Age (LIA - 16th/17th centuries) to the present, accompanying that climatic warming.

Why should El Niño variability be unaffected by the emergence from the LIA and change on a centenary time scale for which no significant climate variability is known? This question motivated us to consult the existing literature for possible confirmation and/or explanations, and to conduct a more rigorous statistical analysis of the QNA compilation of El Niño occurrences between 1525 and the present, to see if significant nonstationarities in the El Niño variability can be detected. Our findings confirm quantitatively the previous results of Enfield (1988). They are also consistent with the hypothesis that El Niño recurrence rates are regulated by a sensitive "pacemaker" mechanism-the quasibiennial oscillation (QBO) of the atmosphere-that is in turn sensitive to the intensity of solar activity (Labitzke and van Loon, 1990).

Following Enfield (1988), Michaelsen (1990) and Anderson (1990) have both noted a similar century-scale variation in ENSO-related data. Michaelsen sees it in tree rings from the Great Basin region of SW North America, which he shows to be coherent with the Southern Oscillation Index (SOI). Anderson notes that the cycles in the QNA series coincide with the 80-90 year Gleissberg modulations of sunspot activity (Fig. 4).

METHOD

We stratify the QNA return interval data into two groups of five subsamples, one group for El niño events of all intensities (1803-1987), the other for strong(S) and very strong (VS) events (1525-1983):

S/VS EVENTS ONLY (1525-1983	ALL INTENSITIES (1803-1987)
1. All events (global)	6. All events (global)
2. 1525-1747 (LIA)	7. 1803-1891 (early modern)
3. 1761-1983 (modern)	8. 1896-1987 (late mod.)
4. High-solar periods	9. High-solar periods
5. Low-solar periods	10. Low-solar periods

The global groups (1,6) are for determining combined statistics and distributions. Four statistical comparisons are to be done between the remaining groups: between groups 2 & 3 and 7 & 8 as a test for nonstationarities due to long-term climate warming trends; and between groups 4 & 5 and 9 & 10 to test for nonstationarity between periods of high and low solar activity. The solar epochs used are based on periods of above-median and below-median values of the envelope of solar (sunspot) activity from 1700 AD to the present (Fig. 6).

Maximum likelihood estimation (MLE) is used to fit a two-parameter Weibull distribution to each sample group,

$$f(t) = (\beta t^{\beta-1}/\tau^{\beta}) \exp[-(t/\tau)^{\beta}]$$

here β and τ are the shape (peakedness) and scale (rms return interval) parameters, respectively, and t is the random variable for return interval. The shape parameter, accounts for the concentration of the points around a central value. Larger values of β will produce higher concentration around the central point. In our case will be an indication of a much higher frequency of return times at 3.8 years. Smaller values of beta will be an indication of larger dispersion around the mean. For our data, this will indicate higher frequencies for short return interval. The scale parameter τ represents the position of the mean value of the distribution.

To obtain the MLE, Stephens (1977), proposes an estimation based on the maximum likelihood equations

$$\hat{\beta} = \Sigma t_j/n - \{\Sigma t_j \exp(-t_j/\hat{\beta})\} / \{\Sigma \exp(-t_j/\hat{\beta})$$

$$\hat{\tau} = -\hat{\beta} \ln \{\Sigma \exp(-t_j/\hat{\beta})/n$$

The first equation can be solved using iterative methods for non linear equations such as the Newton Method. The value of $\hat{\tau}$ is obtained by replacing $\hat{\beta}$ in the second equation.

A bootstrap procedure (see Efron 1979) is used to estimate the population parameters and their dispersion. This involves randomly resampling each group (with replacement) 500 times and repeating the MLE estimation. The average values of $\hat{\beta}$ and $\hat{\tau}$ after 500 samples are taken to be the population parameters for the group. Fig. 1 shows the sample distribution and MLE Weibull curve for group 6. Fig. 2 shows the convergence of the τ estimate for group 5 and the resulting dispersion, $\sigma_\tau = \pm 1$ yr.

The group mean interval T, the standard deviation of intervals S_t, and the most probable interval t_O (population mode estimator) are derived from the parameters (units of τ, T, S_t & t_O are years). An appropriate nonparametric test is used to determine the goodness of fit for each group.

Goodness of fit tests, are commonly based on the Chi-squared distribution. However, these tests require large a sample size, which we do not have, since for the last 500 years we have only 47 strong or very strong events which provide us with 46 return intervals, and that the parameters are known. Other test statistics such as the Kolmogorov-Smirnov, require also that the probability distribution to be completely specified. Since we do not know which is the actual distribution of the return intervals, we can not specify it. These restrictions lead us to a more complex procedure to test for the goodness of the fitting process.

Our analysis begins by fitting the Weibull probability density function to the individual sample groups. There are several reasons for doing this. On the one hand, a successful distribution fit of the global groups (1 and 6) is a consistent result if the El Niño process is stationary. However, the true test for stationarity lies in the comparison of distribution fits to time-independent groupings of the data- A process is said to be stationary if its distributional properties remain invariant over different time periods - The statistical null hypothesis tested in each case is that there is no significant difference between the interval statistics of group distribution. A secondary benefit of knowing population probability density functions is the ability to derive overall distribution characteristics (such as the mean, variance and mode) for use in analytical applications, e.g., for probabilistic predictions based on conditional distributions.

The test uses the average of the MLE obtained for each bootstrap replication, and the value of the Kolmogorov- Smirnov statistic modified by Chandra et al. (1981). Further analysis showed that small variations in the magnitude of the estimated parameters produce significant changes in the value of the test statistic $\sqrt{n}$ D. Since smaller values of this statistic indicate less evidence against the null hypothesis, we looked for, using the Nelder and Mead multidimensional minimization algorithm (Nelder and Mead, 1965), the pair of values of the parameters that minimize the value of $\sqrt{n}$ D which we called optimal estimate (OE). To verify that the OE were comparable with the tabulated values of Chandra et al. (1981), we use estimates of the variance of the MLE obtained for each bootstrap replication. The average of the 500 bootstrap MLE were used to generate confidence interval for each parameter. If the OE were included in the confidence band, we conclude that they were not different from the MLE and then we could use the tables of Chandra *et al.* (1981).

RESULTS

The population statistics for the 10 groups are summarized in the following table.

The table shows that the Weibull distribution fits well to the return interval for strong and very strong events only, all events, (Group 1), for all intensities, all events (Group 6) and low solar (Group 10). This could be interpreted, according to previous definitions, as lack of stationarity.

Note that the greatest differences in τ lie

Group	β	τ	T	S	t	Signif
1	2.6	11.2	10.0	4.2	9.3	—
2	2.4	10.7	9.5	4.3	8.5	*
3	2.8	11.9	10.6	4.1	10.1	*
4	3.1	14.0	12.6	4.5	12.8	*
5	3.2	9.6	8.6	3.0	8.5	*
6	2.2	4.2	3.8	1.7	3.3	—
7	2.7	4.0	3.5	1.4	3.4	*
8	2.1	4.5	4.0	2.0	3.3	*
9	2.2	4.9	4.3	2.0	3.7	*
10	3.0	3.6	3.2	1.2	3.2	—

The symbol, *, implies the fit is significant at α = .0.5 or better.

between groups of high and low solar activity (4,5 & 9,10). Fig. 3 compares graphically the τ estimates and their respective 2σ (95% confidence interval) dispersions among the various groups.

Groups 4 & 5 are distinct at the 5% level, while groups 9 & 10 overlap sligthly and are distinct at the 10% level (i.e., the null hypothesis of stationarity is rejected at those levels). The corresponding bootsrap sample distributions and their fitted normal curves are shown in Figure 4. All other comparisons overlap too much to reject the null hypothesis (stationarity) at a reasonable level. Hence, we find no statistical basis for the suggestion from models that background climate changes may have affected the El Niño variability, but differences do occur between epochs of high or low solar activity.

When solar activity is high, strong El Niño events tend to recur at intervals of about 12-13 years as opposed to 8-9 years during periods of low solar activity (see table above). Events of all intensities tend to occur at intervals of just under 4 years or just over 3 years, respectively. We show this graphically in Figure 5, where running mean averages of onset intervals are plotted together with the solar activity envelope.

We carefully note that the result —longer onset intervals associated with higher solar variability— may be fortuitous. What we can say with some certainty is that the El Niño process is probably non-stationary with respect to onset interval on a centenary time scale. However, in the absence of much longer time comparisons and/or a plausible physical relationship, the solar association must be considered with skepticism.

DISCUSSION

After giving the matter some thought, we think there may indeed be a physical association between solar activity levels and the observed secular changes in the average onset intervals between ENSO episodes.

Because fluctuations in solar activity correspond to only about 0.1% of the solar constant it seems very unlikely that the solar variations can have a direct effect on El Niño activity through energy input. However, the frequency of coupled oscillating systems can typically be altered in relatively subtle ways. Thus, a plausible explanation of our observations might be that the quasibiennial oscillation (QBO) in the atmosphere may act as a “pacemaker” for the ENSO phenemenon, but only at times when the QBO is in a more energetic mode, the latter depending on solar variability.

The elements of such a mechanism are underpinned by recent research papers on the QBO that are themselves tentative, but nonetheless consistent in what they suggest. Labitzke and van Loon (1990) find strong relationships between solar activity and QBO-like fluctuations in the upper and lower atmosphere of the northern hemisphere, and Barnett (1990) finds a similar relationship with sea surface temperature in the east-central equatorial Pacific. Moreover, the stratospheric QBO is coupled to a regionally intensified biennial behavior in the western equatorial Pacific low-level winds and Pacific equatorial sea surface temperature (SST) field, both phase locked to the annual cycle of the Indo-Pacific region (Yasunari, 1989; Rasmusson et al., 1990). There are some signs that the QBO may have been weaker around the turn of the 20th century when (coincidentally perhaps) solar activity was weak.

We propose that, when solar activity is strong, there is a well-developed stratospheric QBO, linked to a seasonally phase-locked tropospheric biennial signal in parts of the Indo-Pacific region, tending to favor ENSO development at intervals closer to four years, i.e. a multiple of the biennial periodicity. When solar activity and the QBO are weak, ENSO is free to develop at a shorter periodicity closer to three years - which is set by the Southern Oscillation

time scale (the latter is an inherent feature of the coupled ocean atmosphere system, governed by the propagation rates for planetary waves in the Pacific Ocean).

We are only beginning to suspect the role of the QBO in ENSO, and research is only in its formative stages. The subtle solar input to the system would almost certainly have to enter through the sensitive stratosphere. However, we are still quite unsure about what, if any, is the relation between the stratospheric and tropospheric biennial signals. The nature of the "ENSO oscillator" is itself still under debate, and modelers can find internal oceanic mechanisms to simulate changes in periodicity (though not with a solar connection). On the observational side, we can hope that studies of longer time series of proxy variables will reveal something. Coupled models should be able to explore the possibilities described here, once they are able to incorporate seasonal and QBO variability into ENSO simulations.

Regarding statistical procedures, preventions must be taken, however, since this approach could be considered overly conservative. In fact, a significant difference based on the measure of the overlapping of 100(1-)% confidence intervals, tend to be conservative, by increasing the type II error. A more powerful test statistics is being developed. The use of other direct nonparametric techniques to detect nonstationarity, such a direct estimation of the mean and the variance, could also be considered. However, the purpose was here to describe a technique (such as the bootstrapping) which has been recently introduced and that has been proved to posses a variety of properties, useful when the distributional assumptions, of the classical approach, are not met.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by Grant 89-0691 from Fondecyt and Grant D.I. 20.12.20 from the University of Concepción.

REFERENCES

ANDERSON, R.Y., 1990: Solar cycles modulation of ENSO: A possible source of climatic change. IN: Betancourt, J.L., and A.M. Mackay (Eds.), Proc., 6th Pacific Climate (PACLIM) Workshop, Calif. Dept. of Water Resources Tech. Rept., 77-82.

BARNETT, T., 1990: A solar-ocean relation: Fact or fiction: Geophy. Res Lett., 16, 803-806.

CHANDRA, M., N.D. SINGPURWALLA and M.A. STEPHENS, 1981, Kolmogorov Statistics for test of fit for the Extreme-Value an Weibull distributions. J. Amer. Stat. Assoc. 76, 729-731.

EFRON, B., 1979: Bootstrap methods: Another look at jacknife. Annals of Statistics, 7, 1-26.

ENFIELD, D.B., 1988: Is El Niño becoming more common? Oceanography, 1, 23-27.

LABITZKE, K., and H. van LOON, 1990: Associations between the 11-year solar cycle, the quasi-biennial oscillations and the atmosphere: A summary of recent work. Phil. Trans. R. Soc. Lond., A330, 577-589.

MICHAELSEN, J., 1990: Long-period fluctuations in El Niño amplitude and frequency reconstructed from tree-rings. IN: Peterson, D.H. (Ed.), Aspects of climate Variability in the Pacific and Western Americas, Am Geophys. Union. Geophys. Monograph No. 55, 69-74.

NELDER, J.A., R. MEAD, 1965, A simplex method for function minimization. Comput. J., 7, 308-313.

QUINN, W.H., V.T. NEAL, and S. ANTUNEZ de MAYOLO, 1987: El Niño occurrences over the past four and a half centuries. J. Geophys. Res., 92, 14, 449-14, 461.

RASMUSSON, E.M., X. WANG, and C.F. ROPELEWSKI, 1990: The biennial component of ENSO variability. J. Marine Systems (in press).

STEPHENS, M.A., 1977: Goodness of fit for extreme-value distribution. Biometrica, 64, 583-588.

YASUNARI, T., 1989: A possible link of the QBO between the stratosphere, troposphere and sea surface temperature in the tropics. J. Met. Soc. of Japan, 67, 483-493.

ZEBIAK, S.E., and M.A. CANE, 1987: A model El Niño-Southern Oscillation. Mon Wea. Rev., 115, 2262-2278.

El Niño return intervals (all events, 1803 - 1987)

T_o = 3.3 yrs

$\overline{T}$ = 3.8 yrs

Fitted Distribution
Weibull (β=2.23,τ=4.20)

No. of Events

Interval (years)

FIGURE 1. Histogram for sample group N° 6 shown with its fitted Weibull density function distribution curve. The modal and mean return intervals are derived from sample the MLE-estimated population parameters.

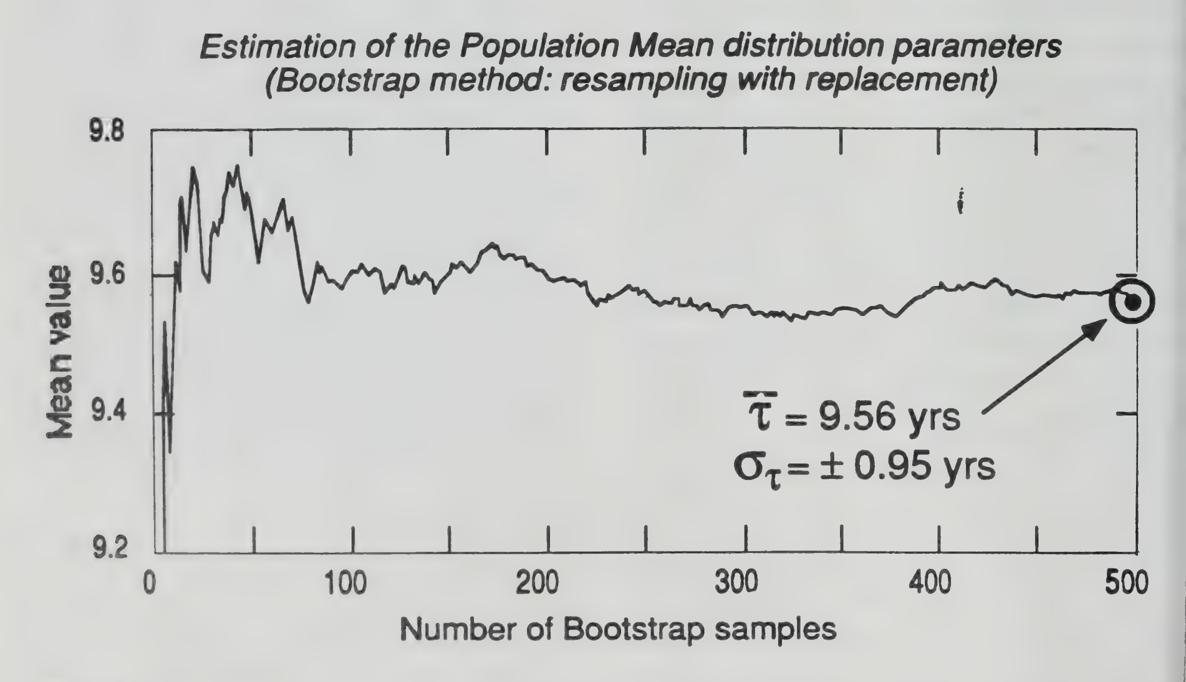


FIGURE 2. Convergence of the mean scale parameter for an increasingly larger number of bootstrap samples from sample group N° 5.

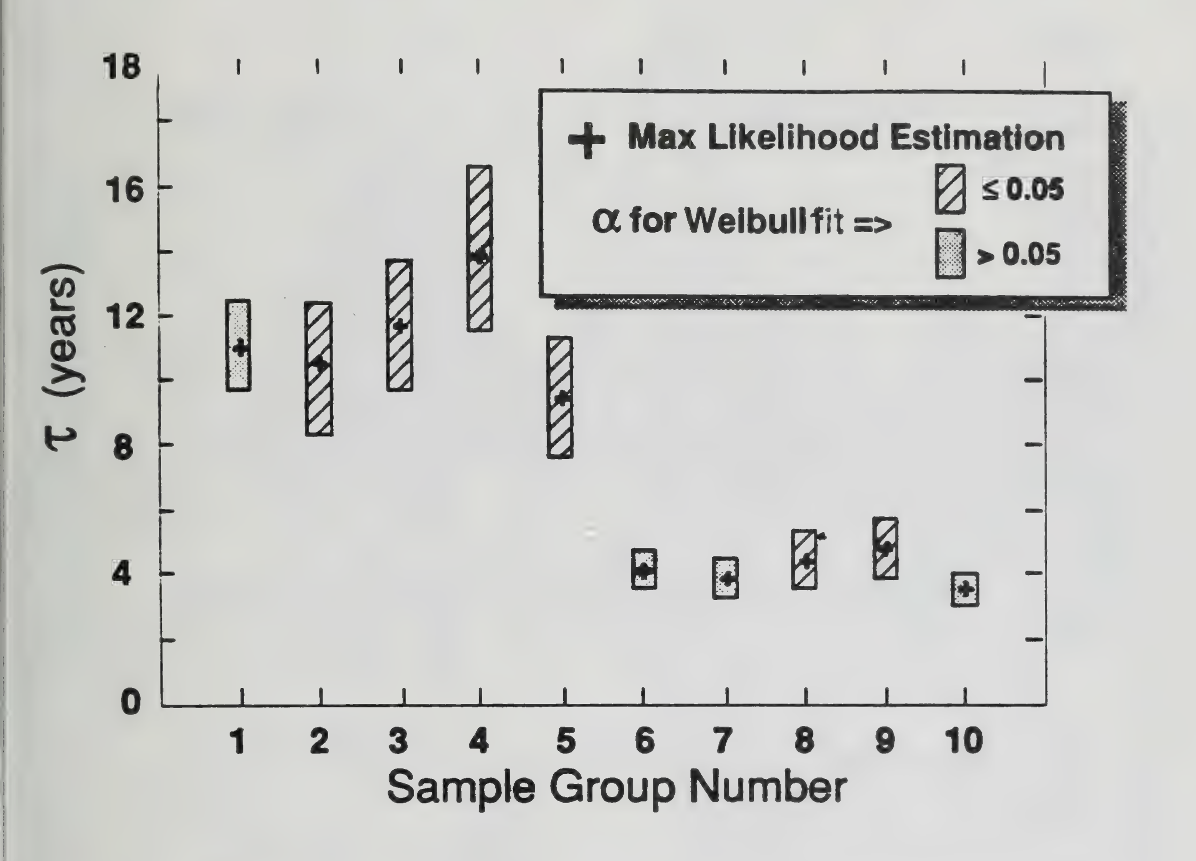


FIGURE 3. Bootstrap mean values of the MLE-estimated population scale parameter for the 10 sample groups. Shaded bars correspond to the approximate 95% confidence intervals.

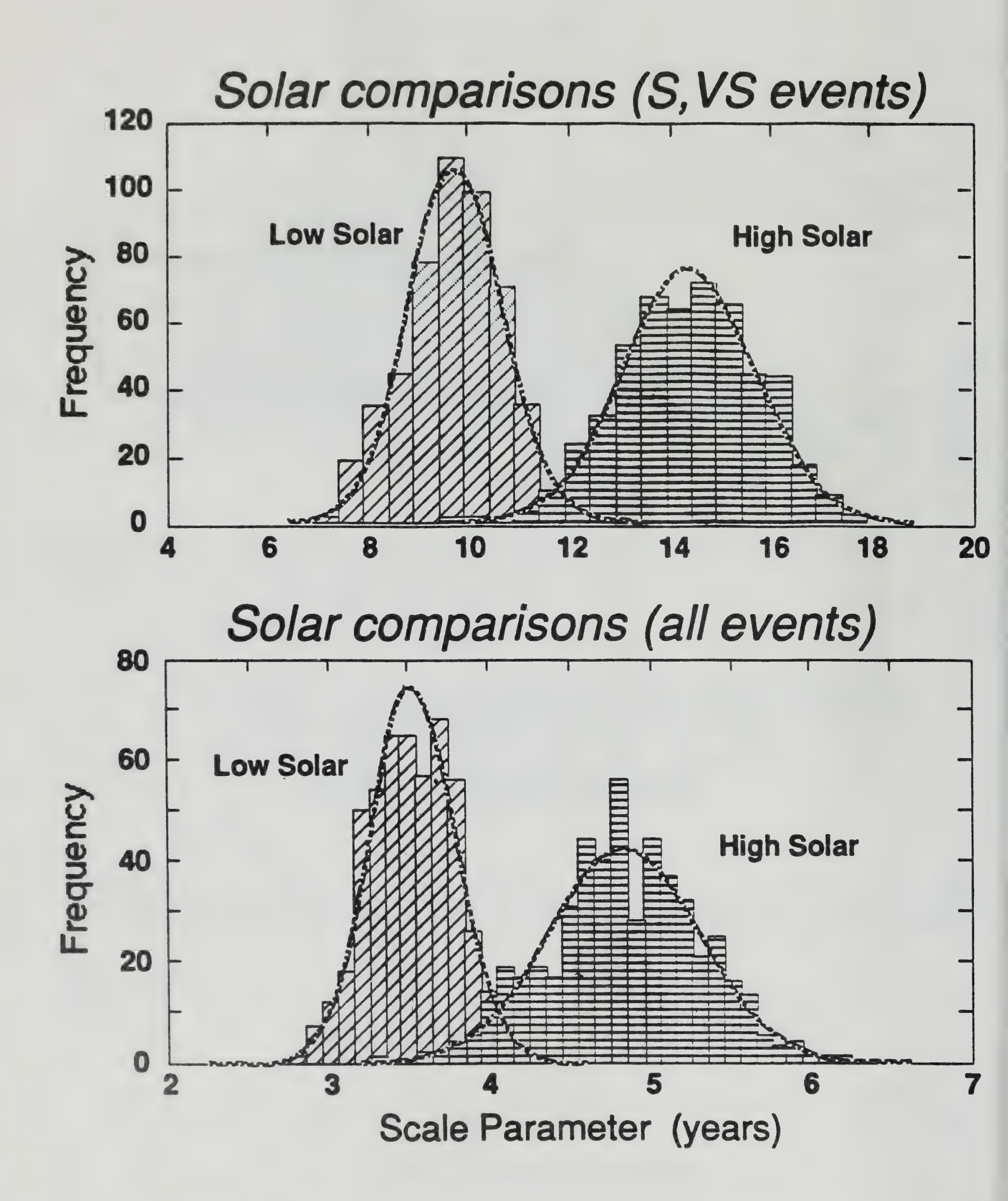


FIGURE 4. Histograms and fitted density function distribution curves for the Weibull scale parameters estimated from the bootstrap samples for groups 4, 5 (above) and 9, 10 (below). The distribution overlap by 5% and 10% respectively.

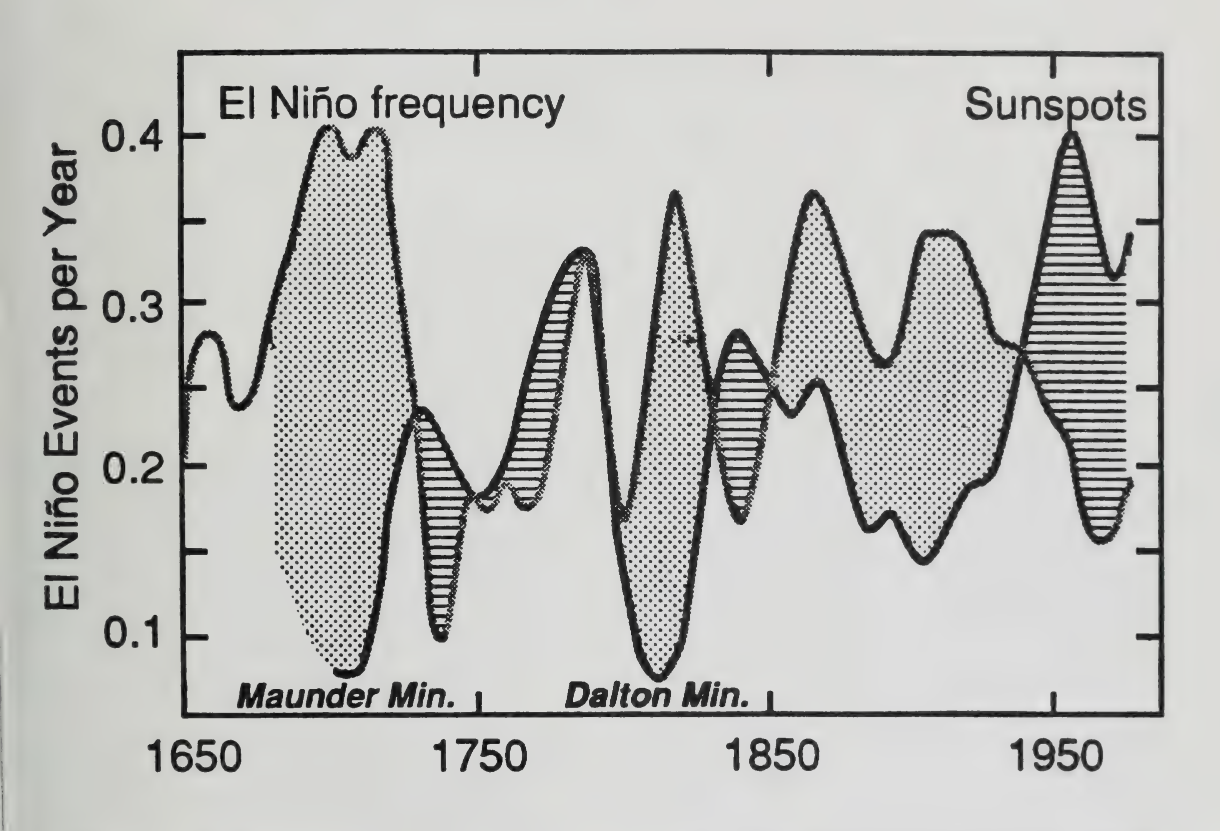


FIGURE 5. The five-event running mean return interval for strong El Niño, superimposed on the envelope of the 11-year solar activity cycle.

Gayana Oceanol. 1: 27-33, 1992

ISSN 0716-9655

PRESENCIA DE MATERIAL ORGANICO TEÑIDO POR METALES EN LOS FONDOS DE *THIOPLOCA* DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL FRENTE A BAHIA DE CONCEPCION, CHILE*

ON THE PRESENCE OF METAL-STAINED ORGANIC MATERIAL IN THIOPLOCA *SHELF BOTTOMS OFF BAY OF CONCEPCION, CHILE.*

V.A. Gallardo**

RESUMEN

Investigaciones recientes mediante microscopía electrónica (MEB y MET) sobre sedimentos anóxicos han revelado la presencia de materia orgánica naturalmente teñida por metales (Degens & Ittekkot 1982 e Ittekkot & Degens 1983). Estos mismos autores habían sugerido que de ocurrir estructuras orgánicas características en sedimentos de zonas de afloramientos costeros, tales como los tapices bacterianos (*Thioploca*) descritos por Gallardo (1977), el proceso de metalotinción natural permitiría la persistencia de tales estructuras y así devenir características diagnósticas de tales sedimentos.

Observaciones sobre muestras de sedimentos obtenidas en la plataforma continental frente a Concepción, con rastras cualitativas y tomafondos cuantitativos Smith-McIntyre 0.1 m^2, han revelado, entre otros materiales biogénicos (*i.e.* tubos de poliquetos y restos de peces), la presencia de filamentos finos característicamente rígidos y negros, presumiblemente metaloteñidos, aquí denominados *melanofilamentos*.

La aplicación de la microscopía electrónica sobre los *melanofilamentos* permite sugerir que éstos son filamentos metaloteñidos de *Thioploca* ssp, en este caso, con tricomas internos, también metaloteñidos, tal como fue predicho por Ittekkot y Degens.

KEYWORDS: Surgencias costeras, metalotinción, *Thioploca*.

ABSTRACT

Recent investigations by electronmicroscopy SEM and TEM on anoxic sediments, revealed the presence of organic matter naturally stained by metals (Degens & Ittekkot 1982 y 1983). These authors had, furthermore, suggested that if characteristic organic structures occur in upwelling sediments, such as the filamentous bacterial mats (*Thioploca* spp.) described by Gallardo (1977), the natural metal staining process will allow these structures to persist and become diagnostic features of upwelling sediments.

Observations on sediment samples collected on the continental shelf off Bay of Concepción, Chile, both with dredges and quantitative grabs (Smith-McIntyre 0.1 m^2), had in fact revealed, among other biogenic materials (*i.e.* polychaete tubes, and fish debris), the presence of characteristically rigid, fine, black filaments, presumably metal-stained, and here denominated *melanofilaments.*

The application of electron microscopy to the *melanofilaments* allows to suggest that these are naturally metal-stained *Thioploca* filaments which, in this particular case, also contained internal metal-stained trichomes, just as suggested by Ittekkot and Degens.

KEYWORDS: Upwelling, metal-staining, *Thioploca.*

*Proyecto N° 89/680, financiado por FONDECYT

**Departamento de Oceanología, Facultad de Ciencias Biológicas y de Recursos Naturales, Casilla 2407, Concepción, Chile.

INTRODUCCION

El fenómeno de la *metalotinción in situ* de estructuras biológicas presentes en sedimentos ricos en materia orgánica, ha sido descrito por De-

gens & Ittekkot (1982). Los estudios originales se realizaron en material contenido en sedimentos depositados bajo condiciones anóxicas del Mar Negro y del Lago Tanganyika. Este hecho sugirió que tal proceso debería también operar en los ambientes bentónicos deficientes de oxígeno, ricos en materia orgánica, que se desarrollan en las zonas de mínima de oxígeno propias de regiones de alta productividad, *i.e.* ecosistemas de surgencias (*"upwelling"*) costeros (Ittekkot & Degens 1983). Los autores fueron aun más lejos al predecir que, de existir estructuras orgánicas características en los tapices bacterianos descritos para el sistema de surgencias del Pacífico Sudeste (Gallardo 1977), el mismo proceso permitiría que tales estructuras persistan en el tiempo transformándose en rasgos diagnósticos de los sedimentos.

Este trabajo tiene por objeto describir estructuras orgánicas filamentosas, relativamente rígidas, de color negro (*"melanofilamentos"*), encontradas en sedimentos de la plataforma continental frente a la Bahía de Concepción (36°32'S-73°01'W) y los resultados de la aplicación de la microscopia electrónica en su estudio. Estas estructuras orgánicas constituyen sólo una parte del material de color negro, presumiblemente metaloteñido, presente en las muestras de esta zona, *i.e.,* también se observa en estos sedimentos tubos de poliquetos, restos de peces y otros materiales biogénicos similarmente teñidos.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de sedimentos utilizadas en este estudio fueron obtenidas el 18.05.1989 y el 12.12.1989, con una rastra cuadrangular operada de a bordo del B/C KAY KAY, embarcación científica de la Universidad de Concepción, entre 40 y 45 m de profundidad frente a la Boca Grande de Bahía de Concepción. El sedimento fue tamizado a través de una malla de 0.5 mm. Los *melanofilamentos* (estructuras filamentosas, negras y relativamente rígidas) fueron extraídos del residuo y depositados en alcohol 70%, previamente a su estudio mediante MEB y MET. La preparación para la MEB pasó por un secado de punto crítico y las observaciones se realizaron con un Modelo AUTOSCAN ETEC. Las preparaciones para el MET fueron de dos tipos: con y sin tinción. La tinción utilizada fue mediante baños sucesivos en acetado de uranilo en solución acuosa al 4% por 20' y en citrato de plomo, solución acuosa Reynolds, por 10'. Las observaciones se efectuaron mediante un aparató Philips EM 200 en cortes de *ca.* 400 Å.

RESULTADOS

Los aquí denominados *melanofilamentos* habían sido observados ya regularmente en muestras bentónicas obtenidas en el área mediante muestreadores de fondo, tanto cualitativos como cuantitativos, aunque no habían sido descritos previamente. Los melanofilamentos constituyen estructuras similares a pelos negros, de contextura más o menos dura y rígida.

La Fig. 1 muestra una micrografía MEB de un conjunto de melanofilamentos obtenidos de sedimentos colectados mediante rastreos cualitativos efectuados sobre la plataforma continental frente a Bahía de Concepción. Estos son de un diámetro aproximado de 100 μm y varios cm de longitud. Si bien estos filamentos no son muy abundantes, son comunes, en particular en muestras obtenidas con aparatos que poseen cierta capacidad de penetración en el sustrato. Muestreos de sedimentos superficiales, mediante redes de pesca de fondo, *i.e.* "otter trawl", normalmente no son capaces de recolectar este material.

Las Figs. 2 y 3 son micrografías MET y muestran cortes transversales de filamentos *con* y *sin* tinción de laboratorio, respectivamente. Se observa que, en ambas preparaciones, existe material electrondenso, el que crea imágenes de alto contraste. En ambas micrografías se aprecia un conjunto de celdas apretadas, de diferente diámetro (entre *ca.* 8 y 13 μm). Estas celdas representarían cortes transversales de tricomas que, en número variable, normalmente ocupan el interior de la vaina característica del género *Thioploca* (ver Gallardo 1977 y Maier & Gallardo 1984). Además, en el interior de cada celda, y a cierta distancia de la pared de la misma, es posible observar una capa periférica electrondensa que podría representar material citoplásmico de *Thioploca,* metaloteñido.



FIG. 1. Electromicrografía de barrido de melanofilamentos. Diámetro *ca.* 100 µm.

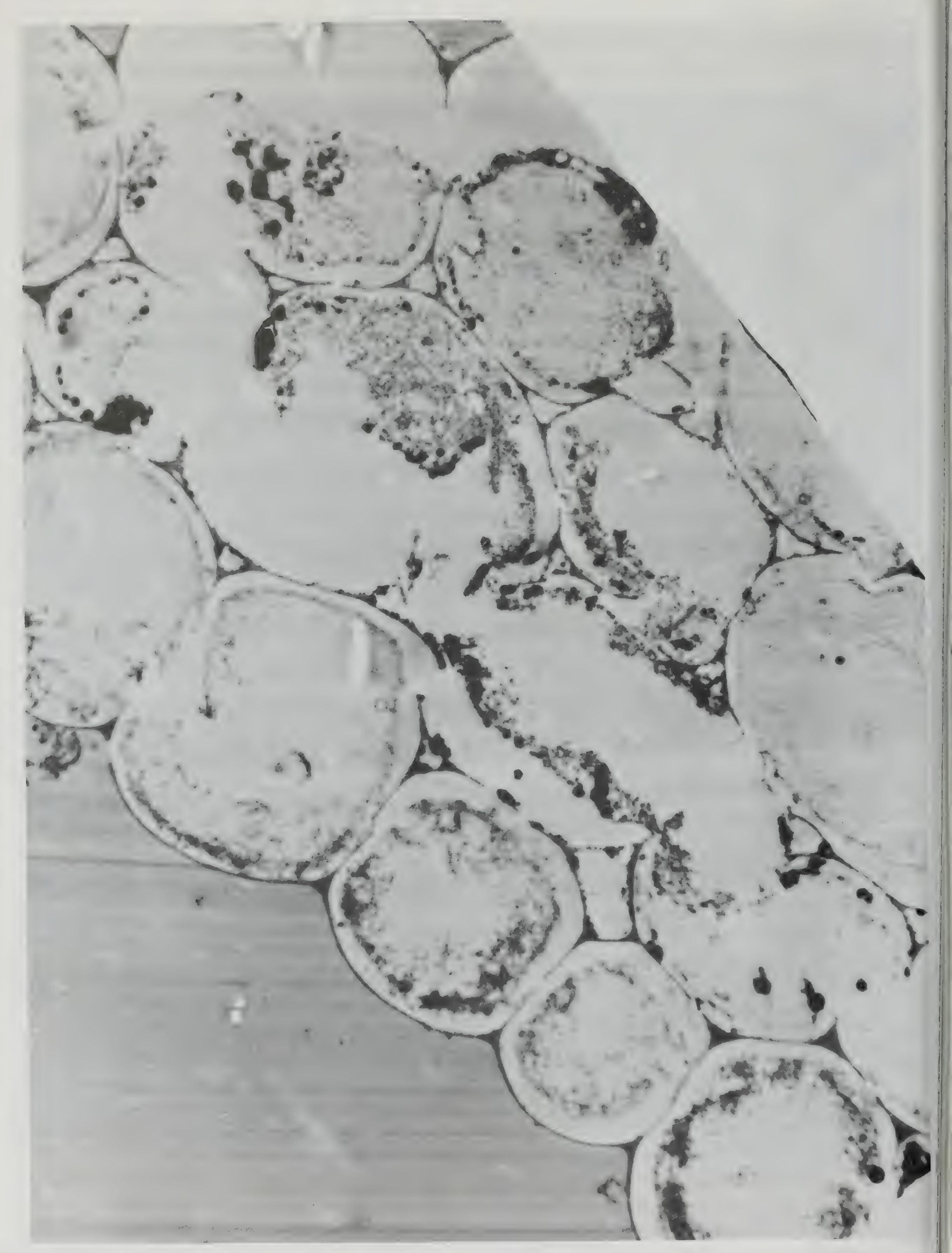


FIG. 2. Electromicrografía de transmisión de un corte transversal de un melanofilamento. Preparación con tinción de laboratorio.

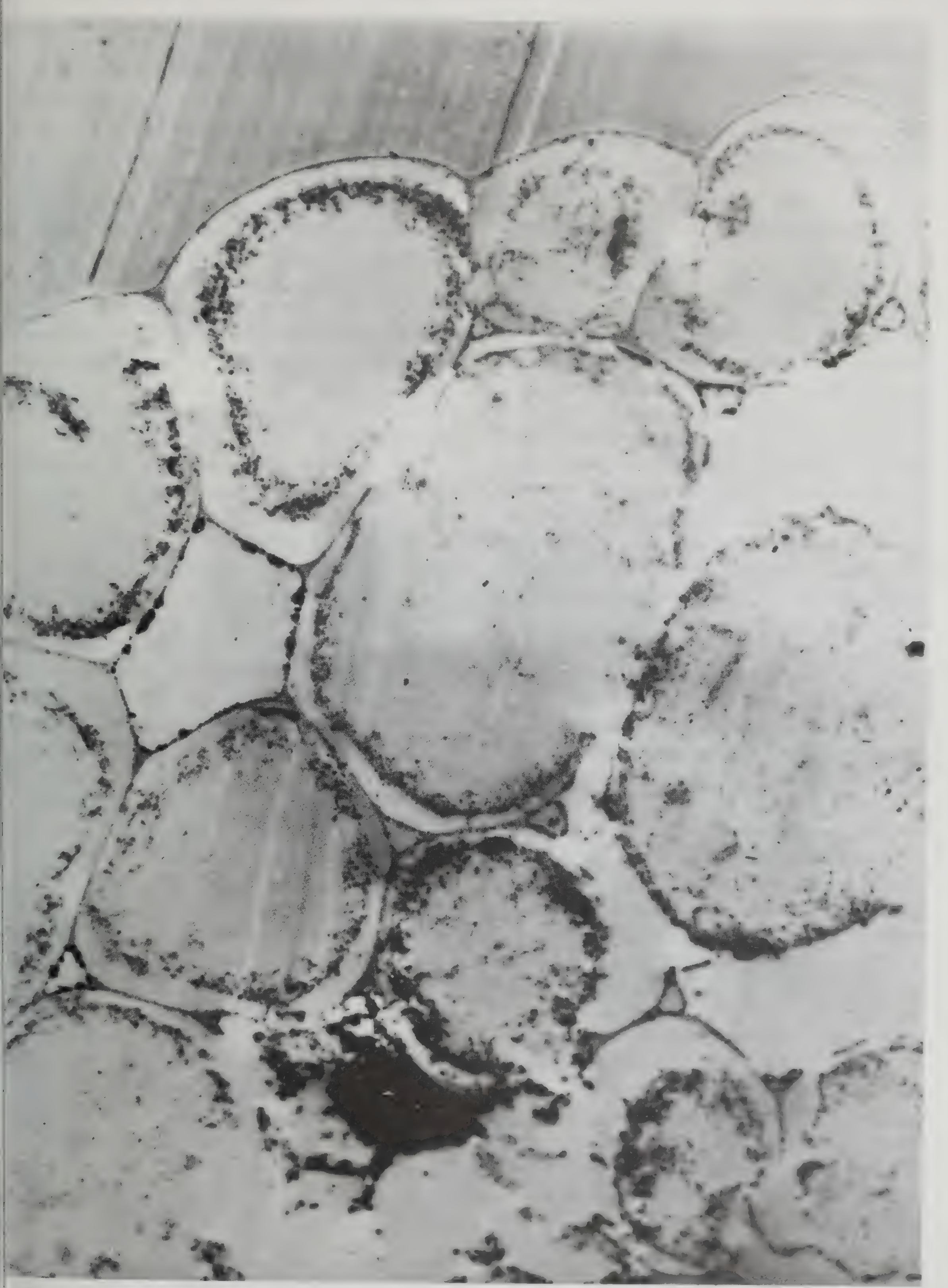


FIG. 3. Electromicrografía de transmisión de un corte transversal de un melanofilamento. Preparación sin tinción de laboratorio.

Una diferencia evidente entre las preparaciones con tinción de laboratorio y con tinción natural es la mayor electrondensidad de la capa o envoltura (vaina) del conjunto, en las primeras. Aparte de esto, ambos tipos de micrografías son virtualmente idénticos.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las alteraciones sufridas por la materia orgánica durante una diagénesis temprana son mediadas por procesos microbiológicos y abióticos. Uno de estos procesos implica la tinción natural de la materia orgánica por metales, como resultado de la formación de enlaces de coordinación entre metales y grupos dadores de oxígeno presentes en la materia orgánica. La formación de óxidos, fosfatos, carbonatos y sulfuros sucederá enseguida, dependiendo del tipo de sustrato, de las condiciones ambientales prevalecientes y del sistema microbiano existente en el lugar. De hecho, se ha establecido que la metalotinción es responsable de la preservación de materia orgánica y de estructuras orgánicas, especialmente de tejidos blandos de organismos a través del tiempo geológico (Degens & Ittekkot, 1982).

Los estudios realizados sobre material biogénico metaloteñido, proveniente de sedimentos depositados bajo condiciones existentes en cuencas estancadas, *i.e.* Mar Negro y Lago Tanganyika, llevaron a sugerir que los mecanismos implicados en este proceso deberían también operar en sedimentos formados bajo condiciones reductoras en general. La técnica utilizada fue la de observar, mediante microscopía electrónica de transmisión, estructuras metaloteñidas naturalmente, *i.e.* sin tinción adicional de laboratorio. Bajo estas condiciones se observó buenos contrastes de membranas biológicas en las preparaciones.

Ittekkot y Degens (1983) sugieren que estructuras biológicas metaloteñidas podrían presentarse en los sistemas de surgencias del Pacífico Sudeste, en particular en los fondos de *Thioploca* descritos para esta región (Gallardo, 1977). Por otra parte, la observación coincidental de filamentos negros y otros materiales del mismo color, en sedimentos ricos en materia orgánica (hábitat de bacterias filamentosas del género *Thioploca),* llevó a la aplicación de las mismas técnicas sobre este material, en particular sobre los filamentos negros, aquí denominados *"melanofilamentos".*

En primer lugar se trataba de determinar la naturaleza de los filamentos negros. Su presencia en sustratos ricos en bacterias filamentosas del género, *i.e. Thioploca* hacía sospechar que podrían ser vainas mineralizadas de estas especies (con o sin tricomas en su interior), preservadas en las capas profundas de los sedimentos de la plataforma continental.

La aplicación de las técnicas antes mencionadas y las micrografías obtenidas, permiten sugerir que los melanofilamentos son vainas metaloteñidas de *Thioploca,* en este caso con tricomas, también metaloteñidos, en su interior, aunque las vainas y los tricomas evidencian una reducción de volumen.

Los tricomas de las especies de *Thioploca* descritas poseen al estado vivo entre 43 y 30 µm (*T. araucae*) y 20 a 12 µm (*T. chileae*) (Maier y Gallardo 1984). El diámetro de las celdas (o cortes transversales de tricomas) observados en las micrografías varía entre 13 y 8 µm, habiéndose medido un ejemplar en otra preparación con un diámetro de 26 µm. Es evidente, por tanto, que en el proceso de metalotinción también ocurriría un proceso de disminución de volumen (*"shrinkage"*) de estas estructuras filamentosas. En el estado actual de las investigaciones, sin embargo, no es posible asignar los especímenes estudiados a una u otra de las especies arriba mencionadas.

Ittekkot y Degens (1983) destacan el valor potencial de diagnóstico que las estructuras metaloteñidas podrían tener en sedimentos de sistemas de surgencias. Esto es importante, pues en esta zona existen sucesiones de variado ciclo que podrían quedar inscritas en los sedimentos a la forma de cantidad y calidad de los melanofilamentos, *i.e.* sucesiones estacionales y/o fenómenos "El Niño". La eventual identificación de las especies de *Thioploca* involucradas, así como el estudio de otros materiales metaloteñidos coexistentes, constituirían herramientas aún más útiles en el estudio de estos eventos en el pasado.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el financiamiento otorgado por FONDECYT (Proyecto 89/680), el apoyo brindado por la Universidad de Concepción, en particular,

a través del personal del Laboratorio de Microscopía de la Dirección de Investigación y la tripulación de la embarcación científica KAY KAY. Un especial reconocimiento al Sr. Luis Aburto, Laborante del Laboratorio de Bentos.

REFERENCIAS

DEGENS, E.T. & V. ITTEKKOT. 1982. *In situ* metal-staining of biological membranes in sediments. Nature, 298:262-264.

GALLARDO, V.A. 1977. Large benthic microbial communities in sulphide biota under Perú-Chile subsurface countercurrent. Nature, 268:331-332.

ITTEKKOT, V. & E.T. DEGENS. 1983. Metal-staining of sedimentary organic matter by natural processes. In E. Suess & J. Thiede (Eds.), págs. 573-588. *Coastal Upwelling: Its sediment record. Part A: Responses of the sedimentary regime to present coastal upwelling.* Plenum Press.

MAIER, S. & V.A. GALLARDO. 1984. *Thioploca araucae* sp. nov. and *Thioploca chileae* sp. nov. International J. Syst. Bact., 34(4):414-418.

REGLAMENTO DE PUBLICACION DE GAYANA

1. La revista Gayana, dedicada al distinguido naturalista francés Claudio Gay, es el órgano oficial de Ediciones de la Universidad de Concepción, Chile, para la publicación de resultados de investigaciones originales en el área de las Ciencias Naturales. Está compuesta de las series Botánica, Oceanología y Zoología.
   Estas series son periódicas de un volumen anual compuesto por dos números.
2. Gayana recibe trabajos realizados por investigadores nacionales y extranjeros, elaborados según las normas del presente reglamento; la recepción es permanente. El valor de la publicación es de US$ 20.00 por página (con láminas en blanco y negro) y de US$ 30.00 por página (con láminas en color).
3. Gayana acepta trabajos escritos en idioma español o inglés. La publicación en otros idiomas deberá ser consultada previamente al Director.
4. El manuscrito debe ser entregado en triplicado; una de las copias llevará las figuras originales.
5. El Director de la revista, asesorado por el Comité de Publicación, se reserva el derecho de aceptar o rechazar el manuscrito.
6. El manuscrito será enviado a pares para su revisión técnica.
7. La primera prueba de imprenta será enviada al autor principal para su corrección antes de la impresión definitiva. Si ello fuere imposible o dificultoso, la corrección será realizada por el Comité de Publicación.
8. Los nombres científicos y las locuciones latinas serán las únicas que irán subrayadas en el texto. La primera vez que se cite un organismo deberá hacerse con su nombre científico completo (género, especie y autor).
9. Las medidas deberán ser expresadas en unidades del sistema métrico; si fuera necesario agregar medidas en otros sistemas, las abreviaturas correspondientes deben ser definidas en el texto. Decimales con coma, no punto (Ejemplo: 0,5).
10. Las citas en el texto deben incluir nombre del autor y año [Ejemplo: Smith, J.G. (1952)]. Si hay varios trabajos de un autor en un mismo año, se citará con una letra en secuencia adosada al año (1952a). Cuando hay más de dos autores todos los nombres serán citados en la primera mención [Ejemplo: Smith, J.G., P.J. Jones and W.E. Williams (1981); las referencias posteriores serán: Smith et al. (1981)].
11. La bibliografía incluirá todas y sólo las referencias citadas en el texto, dispuestas por orden alfabético del apellido del primer autor, sin número que la anteceda. La literatura botánica será citada según el B-P-H (Botánico-Periodicum-Huntianum) y la zoológica según el Style Manual of Biological Journals.
12. La nomenclatura de los trabajos botánicos y zoológicos se regirá por sus respectivos códigos.
13. Las ilustraciones y tablas deben ser adecuadas para, una vez reducidas, ocupar un ancho de 70 mm (una columna) o 150 mm (dos columnas) y una longitud no superior a 220 mm, incluido el espacio del texto explicativo.
14. Los dibujos deben ser de alto contraste y deben llevar una escala para facilitar la determinación del aumento.
15. Las figuras se numerarán en orden correlativo con números arábigos. Las tablas de igual modo con números romanos. Cada tabla debe llevar un título descriptivo en la parte superior.
16. Las fotografías se considerarán figuras para su numeración; serán en blanco y negro o en color, brillantes, de grano fino y buen contraste y deben ser acompañadas de una escala para la determinación del aumento.
17. En el reverso de las láminas originales se deberá indicar el nombre del autor, título del trabajo y número de las láminas.
18. Adjunto al manuscrito se entregarán en forma secuencial las explicaciones de cada una de las figuras.
19. El texto deberá contener: Título, título en inglés, nombre de los autores, dirección de los autores, Resumen, Abstract, Keywords, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, Agradecimientos y Bibliografía.
20. El título debe ir todo escrito en letra mayúscula y expresar el contenido real del trabajo. Si incluye un nombre genérico o específico se indicará el rango sistemático inmediatamente superior.
21. Si por alguna circunstancia especial el trabajo debe ser publicado en forma diferente a las disposiciones anteriores, el autor deberá exponer su petición al Director antes de enviarlo.

GAYANA

OCEANOLOGIA VOLUMEN 1 1992

CONTENIDO / CONTENTS



Deseamos establecer canje con revistas similares

Correspondencia, Biblioteca y Canje:

COMITE DE PUBLICACION
CASILLA 2407 APARTADO 10
CONCEPCION, CHILE

EDICIONES UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

